

PROCESS AND APPARATUS FOR SUBSTRATE TREATMENT

Publication number: JP2003183839

Publication date: 2003-07-03

Inventor: OMI TADAHIRO; SUGAWA SHIGETOSHI; HIRAYAMA MASAKI

Applicant: OMI TADAHIRO; TOKYO ELECTRON LTD

Classification:

- International: C23C16/56; C23C8/36; C23C16/02; C23C16/511; H01J37/32; H01L21/31; H01L21/318; H01L21/314; C23C16/56; C23C8/06; C23C16/02; C23C16/50; H01J37/32; H01L21/02; (IPC1-7): C23C16/511; C23C16/56; C23C8/36; C23C16/02; H01L21/31

- european: C23C8/36; H01J37/32H5; H01L21/318

Application number: JP20010380535 20011213

Priority number(s): JP20010380535 20011213

Also published as:



WO03054949 (A1)

US2005042869 (A1)

AU2002354143 (A1)

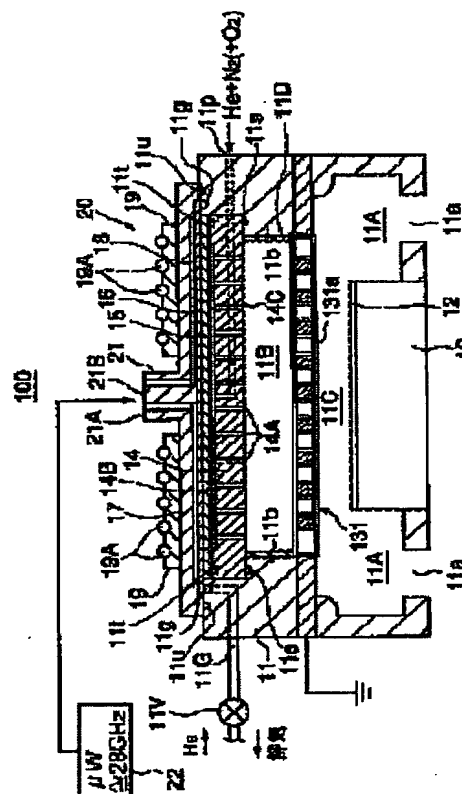
Report a data error here

Abstract of JP2003183839

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a process and an apparatus for plasma substrate treatment which enable substrate treatment using atomic nitrogen N*.

SOLUTION: In a treatment vessel, a plasma excitation region and a process region are formed by a control electrode. Using He as a plasma excitation gas in the plasma region, N<SB>2</SB>gas is excited in He plasma to form atomic nitrogen N*. The atomic nitrogen N* is allowed to diffuse through the control electrode into the process region to perform substrate treatment.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-183839

(P2003-183839A)

(43) 公開日 平成15年7月3日 (2003.7.3)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
C 2 3 C 16/56		C 2 3 C 16/56	4 K 0 2 8
8/36		8/36	4 K 0 3 0
16/02		16/02	5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/31		H 0 1 L 21/31	C
// C 2 3 C 16/511		C 2 3 C 16/511	
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-380535 (P2001-380535)

(22) 出願日 平成13年12月13日 (2001. 12. 13)

(71) 出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-

301

(71) 出願人 000210967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂五丁目3番6号

(72) 発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-

301

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

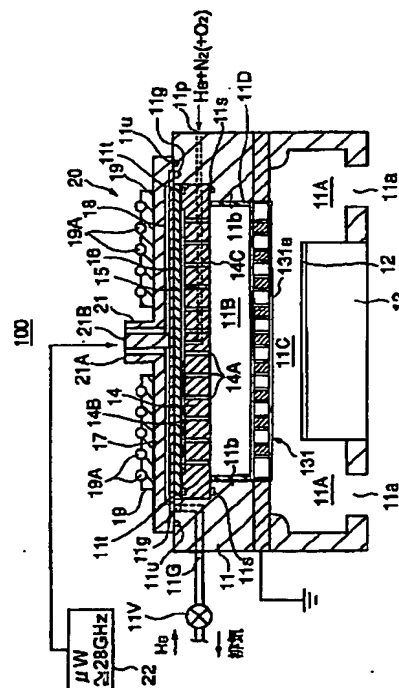
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法および基板処理装置

(57) 【要約】

【課題】 原子状窒素N*を使った基板処理が可能なプラズマ基板処理方法および装置を提供する。

【解決手段】 処理容器中に制御電極によりプラズマ励起空間とプロセス空間とを画成し、プラズマ空間においてHeをプラズマ励起ガスとして使い、Heプラズマ中においてN₂ガスを励起して原子状窒素N*を形成する。かかる原子状窒素N*を制御電極を通してプロセス空間に拡散させ、基板処理を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理容器中において、被処理基板を含むプロセス空間と、前記被処理基板が含まれないプラズマ形成空間とが制御電極により隔てられている構成の基板処理装置による基板処理方法であって、

前記処理容器中に He と N₂ を含むガスを供給する工程と、

前記プラズマ形成空間にプラズマを、前記プラズマ中に原子状窒素 N* が励起されるような条件で形成する工程と、

前記原子状窒素 N* により被処理基板表面を窒化する工程とを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項 2】 前記プラズマを励起する工程は、23～25 eV の中間励起状態エネルギーが実現されるように実行されることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法。

【請求項 3】 前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間にマイクロ波を供給する工程を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法。

【請求項 4】 前記マイクロ波を供給する工程は、ラジアルラインスロットアンテナを駆動することにより実行されることを特徴とする請求項 1～3 のうち、いずれか一項記載の基板処理方法。

【請求項 5】 前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間に誘導磁界を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法。

【請求項 6】 前記誘導磁界を形成する工程は、前記処理容器周囲に巻回された誘導コイルを高周波電力により駆動する工程を含むことを特徴とする請求項 5 記載の基板処理装置。

【請求項 7】 前記プラズマを励起する工程では、前記制御電極は接地されることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項 8】 前記プラズマを形成する工程では、前記制御電極に負電位が印加されることを特徴とする請求項 1～6 のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項 9】 前記処理容器中に供給されるガスは、さらに O₂ を含むことを特徴とする請求項 1～8 のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項 10】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、

前記処理容器に結合された排気系と、

前記処理容器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、

前記処理容器上に、前記被処理基板に対面して設けられたマイクロ窓と、

前記保持台上の被処理基板と前記プラズマガス供給部との間に、前記被処理基板に対面するように設けられ、前記マイクロ窓を含むプラズマ励起空間と前記被処理基板を含むプロセス空間とを隔てる制御電極とよりなり、

前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装置。

【請求項 11】 前記制御電極は格子形状を有し、接地されていることを特徴とする請求項 10 記載の基板処理装置。

【請求項 12】 前記制御電極は格子形状を有し、前記基板処理装置は前記制御電極に接続された負電圧源を含むことを特徴とする請求項 10 記載の基板処理装置。

【請求項 13】 前記プラズマ励起空間において、前記処理容器の内壁は絶縁層により覆われていることを特徴とする請求項 10～12 のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項 14】 さらに前記処理容器の外側に、前記マイクロ波窓に結合したマイクロ波アンテナを有することを特徴とする請求項 10～13 のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項 15】 石英ガラス壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、

前記処理容器に結合された排気系と、

前記処理容器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、

前記保持台上の被処理基板に対面するように設けられ、

前記処理容器内部を、前記被処理基板を含むプロセス空間とプラズマ励起空間とに分割する制御電極と、

前記石英ガラス壁外側に、前記プラズマ励起空間に対応して設けられた誘導コイルとよりなり、

前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装置。

【請求項 16】 前記前記石英ガラス壁はドーム上空間を画成することを特徴とする請求項 15 記載の基板処理装置。

【請求項 17】 前記制御電極は接地されていることを特徴とする請求項 15 または 16 記載の基板処理装置。

【請求項 18】 前記制御電極は負電圧源に接続されていることを特徴とする請求項 15 または 16 記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は一般にプラズマ処理装置に係り、特にマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】 プラズマ処理工程およびプラズマ処理装置は、近年のいわゆるディープサブミクロン素子あるいはディープサブクォーターミクロン素子と呼ばれる 0.1

μm に近い、あるいはそれ以下のゲート長を有する超微細化半導体装置の製造や、液晶表示装置を含む高解像度平面表示装置の製造にとって、不可欠の技術である。

【0003】半導体装置や液晶表示装置の製造に使われるプラズマ処理装置としては、従来より様々なプラズマの励起方式が使われているが、特に平行平板型高周波励起プラズマ処理装置あるいは誘導結合型プラズマ処理装置が一般的である。しかしこれら従来のプラズマ処理装置は、プラズマ形成が不均一であり、電子密度の高い領域が限定されているため大きな処理速度すなわちスループットで被処理基板全面にわたり均一なプロセスを行うのが困難である問題点を有している。この問題は、特に大径の基板を処理する場合に深刻になる。しかもこれら従来のプラズマ処理装置では、電子温度が高いため被処理基板上に形成される半導体素子にダメージが生じ、また処理室壁のスパッタリングによる金属汚染が大きいなど、いくつかの本質的な問題を有している。このため、従来のプラズマ処理装置では、半導体装置や平面表示装置のさらなる微細化およびさらなる生産性の向上に対する厳しい要求を満たすことが困難になりつつある。

【0004】一方、従来より直流磁場を用いずにマイクロ波電界により励起された高密度プラズマを使うマイクロ波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（ラジアルラインスロットアンテナ）から処理容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されている。例えば特開平9-63793公報を参照。このような手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現でき、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能である。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避することができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導体装置の製造工程や大型平面表示装置の製造にも容易に対応できる。

【0005】

【従来の技術】図1は、従来の誘導結合型プラズマ処理装置1の概略的構成を示す。

【0006】図1を参照するに、プラズマ処理装置1は排気ライン2Aにより排気される石英ドームよりなる処理容器2を備え、前記処理容器2により画成されるプロセス空間2B中には、回転機構3Aにより回転される基板保持台3上に被処理基板4が保持されている。さらに前記プロセス空間2Bには、処理ガス供給ライン2Cにより、Arなどの不活性プラズマ励起ガスと酸素あるいは窒素などの処理ガスとが供給される。また前記処理容器

2の外側上部にはコイル5が巻回されており、前記コイル5を直流電源により駆動することにより、前記プロセス空間2Bの上部に高密度プラズマ2Dが励起される。

【0007】図1のプラズマ処理装置1では、かかる高密度プラズマ2Dに伴って形成される処理ガスのラジカルが被処理基板4の表面に到達し、酸化や窒化などの基板処理が行われる。

【0008】しかし、このような従来の誘導結合型プラズマ処理装置1では、高密度プラズマ2Dが形成される領域が処理容器2の上部に局在しており、従ってプラズマに伴って形成されるラジカルの濃度分布は著しく不均一なものとなる。特に基板の径方向へのラジカル濃度の不均一は、基板保持台3を回転機構3Aにより回転させても解消しない。

【0009】このため従来の誘導結合型プラズマ処理装置1では、前記被処理基板4表面において可能な限り一様なラジカル濃度分布を実現するために、被処理基板4と高密度プラズマ2Dの形成領域との間の距離を離していたが、その結果、基板処理装置1全体の大きさが大きくなってしまったり、被処理気体4に到達するラジカル量が少なくなったりする問題が生じていた。この問題は、特に最近の技術の流れに沿って大口径基板を処理しようとした場合に深刻になる。

【0010】一方、従来より誘導磁場を用いずにマイクロ波電界により励起された高密度プラズマを使うマイクロ波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（ラジアルラインスロットアンテナ）から処理容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されている。例えば特開平9-63793公報を参照。このような手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現でき、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能である。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避することができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導体装置の製造工程や大型平面表示装置の製造にも容易に対応できる。

【0011】図2は、本発明の発明者が先に提案した、かかるラジアルラインスロットアンテナを使ったマイクロ波プラズマ処理装置10の構成を示す。

【0012】図2を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置10は複数の排気ポート11aから排気される処理室11を有し、前記処理室11中には被処理基板12を保持する保持台13が形成されている。前記処理室11の均一な排気を実現するため、前記保持台13の周囲

にはリング状に空間11Aが形成されており、前記複数の排気ポート11aを前記空間11Aに連通するように等間隔で、すなわち被処理基板に対して軸対称に形成することにより、前記処理室11を前記空間11Aおよび排気ポート11aを介して均一に排気することができる。

【0013】前記処理室11上には、前記保持台13上の被処理基板12に対面する位置に、前記処理室11の外壁の一部として、 Al_2O_3 や SiO_2 などの低損失誘電体よりなり多数の開口部14Aを形成された板状のシャワープレート14が図示しないシールリングを介して形成されており、さらに前記シャワープレート14の外側に同じく Al_2O_3 は SiO_2 など低損失誘電体よりなるカバープレート15が、図示しない別のシールリングを介して設けられている。

【0014】前記シャワープレート14にはその上面にガス通路14Bが形成されており、前記複数の開口部14Aの各々は前記ガス通路14Bに連通するように形成されている。さらに、前記シャワープレート14の内部には、前記処理容器11の外壁に設けられたガス供給ポート11pに連通するガス供給通路14Cが形成されており、前記ガス供給ポート11pに供給されたArやKr等のプラズマ励起ガスは、前記供給通路14Cから前記通路14Bを介して前記開口部14Aに供給され、前記開口部14Aから前記処理容器11内部の前記シャワープレート14直下のプロセス空間11Bに、実質的に一様な濃度で放出される。

【0015】前記処理容器11上には、さらに前記カバープレート15の外側に、前記カバープレート15から4～5mm離間してラジアルラインスロットアンテナ20が設けられている。前記ラジアルラインスロットアンテナ20は外部のマイクロ波源（図示せず）に同軸導波管21を介して接続されており、前記マイクロ波源からのマイクロ波により、前記プロセス空間11Bに放出されたプラズマ励起ガスを励起する。前記カバープレート15とラジアルラインスロットアンテナ20の放射面との間は密着されており、さらにアンテナの冷却のため、前記アンテナ20上に冷却水通路19Aを有する冷却ブロック19が設けられている。

【0016】前記ラジアルラインスロットアンテナ20は、前記同軸導波管21の外側導波管21Aに接続された平坦なディスク状のアンテナ本体17と、前記アンテナ本体17の開口部に形成された、多数のスロットを形成された放射板16とよりなり、前記アンテナ本体17と前記放射板16との間には、厚さが一定の誘電体板よりなる遅相板18が挿入されている。

【0017】かかる構成のラジアルラインスロットアンテナ20では、前記同軸導波管21から給電されたマイクロ波は、前記ディスク状のアンテナ本体17と放射板16との間を、半径方向に広がりながら進行するが、そ

の際に前記遅相板18の作用により波長が圧縮される。そこで、このようにして半径方向に進行するマイクロ波の波長に対応して前記スロットを同心円状に、かつ相互に直交するように形成しておくことにより、円偏波を有する平面波を前記放射板16に実質的に垂直な方向に放射することができる。

【0018】かかるラジアルラインスロットアンテナ20を使うことにより、前記シャワープレート14直下のプロセス空間11Bに均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板12にダメージが生じることがなく、また処理容器11の器壁のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

【0019】そこで、図2の基板処理装置10において前記ガス導入ポート11pにArやKrなどのプラズマ励起ガスの他に O_2 ガスや NH_3 ガス、あるいは N_2 ガスと H_2 ガスとの混合ガスを処理ガスとして供給することにより、前記プロセス空間11B中に前記高密度プラズマにより原子状酸素 O^* あるいは窒化水素ラジカル NH^* などの活性種が励起され、かかる活性種を使うことにより、被処理基板12表面を酸化処理、窒化処理あるいは酸窒化処理することが可能になる。

【0020】また図3に示すように、図2の基板処理装置10において、前記シャワープレート14の下部に、処理容器1表面に形成された処理ガス導入ポート11rに連通する処理ガス通路31Aと、前記処理ガス通路31Aに連通する多数の処理ガス導入ノズル開口部31Bとを備え、また前記空間11Bにおいて形成された処理ガスラジカルを通過させる大きな開口部を有する別の下段シャワープレート31を設けた構成の基板処理装置10Aが提案されている。

【0021】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段シャワープレート31の下部に別のプロセス空間11Cが画成され、特に下段シャワープレート31を、その表面が酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）で不動態処理されたステンレススチールなどの導電体により構成することにより、マイクロ波がプロセス空間11C中に侵入するのを阻止することが可能になる。そこでプラズマの励起は上段シャワープレート14直下の空間11Bに限定され、前記空間11Bにおいて励起されたKrやArのラジカル K^* あるいは Ar^* が前記プロセス空間11Cに、前記シャワープレート31中の大きな開口部を通過して侵入し、前記ノズル開口部31Bから放出される処理ガスを活性化する。被処理基板12の処理は、このようにして活性化された処理ガスラジカルによりなされる。

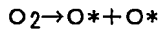
【0022】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段シャワープレート31を導電体により構成することにより、マイクロ波が前記プロセス空間11Cから排除され、被処理基板のマイクロ波による損傷が回避される。

【0023】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段

シャワープレート31よりCVD原料ガスを導入することにより、プラズマCVD工程を行うことが可能である。また、前記下段シャワープレート31よりドライエッチングガスを導入し、前記保持台13に高周波バイアスを印加することにより、ドライエッチング工程を行うことも可能である。

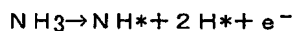
【0024】

【発明が解決しようとする課題】このように、図2あるいは図3の基板処理装置では、酸化処理を行う場合にはKrガスと酸素ガスをプロセス空間11Bに導入することにより、10eV程度のエネルギーの中間励起状態のKrラジカル(Kr*)を励起する。励起されたKrラジカルは、反応

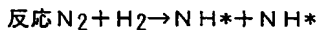


に従って原子状酸素O*を効率良く励起し、励起された原子状酸素O*が被処理基板12の表面を酸化する。

【0025】これに対し、被処理基板12の窒化処理を行う場合には、Krガスとアンモニアガス、あるいはKrガスと窒素ガスと水素ガスを導入する。この場合には、励起されたKrラジカル(Kr*)あるいはArラジカル(Ar*)により、反応

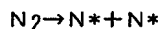


あるいは



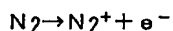
に従って窒化水素ラジカルNH*が励起され、かかる窒化水素ラジカルNH*を使って被処理基板12の窒化処理がなされる。

【0026】一方、被処理基板の窒化処理の際に窒化反応力が強くかつ水素を含まない原子状窒素(N*)を使ったほうが望ましい場合がある。原子状窒素N*は、反応



により形成されるが、その際には23～25eVものエネルギーが必要であると考えられる。KrやArプラズマの場合、得られるKrラジカルあるいはArラジカルのエネルギーは、先にも述べたようにせいぜい10eV程度なので、上記反応に従って原子状窒素N*を励起することはできない。

【0027】仮に図2あるいは図3の基板処理装置において、KrガスあるいはArガスと共に窒素ガスを供給しても、反応



が得られるだけであり、所望の原子状窒素N*は励起されない。

【0028】図4は、Krプラズマの状態密度と原子状窒素N*、窒化水素ラジカルNH*および窒素イオンN₂⁺の励起エネルギーとの関係を示す。

【0029】図4を参照するに、Krプラズマの状態密度は低エネルギーにおいて大きく、エネルギーが増大すると共に急速に減少するのがわかる。このようなプラズマで

は、所望の窒素ラジカルを効率良く励起することはできない。

【0030】そこで、本発明は上記の課題を解決した、新規で有用な基板処理装置を提供することを概括的課題とする。

【0031】本発明のより具体的な課題は、窒素ラジカルN*を効率良く発生できる基板処理装置を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、請求項1に記載したように、処理容器中において、被処理基板を含むプロセス空間と、前記被処理基板が含まれないプラズマ形成空間とが制御電極により隔てられている構成の基板処理装置による基板処理方法であって、前記処理容器中にHeとN₂を含むガスを供給する工程と、前記プラズマ形成空間にプラズマを、前記プラズマ中に原子状窒素N*が励起されるような条件で形成する工程と、前記原子状窒素N*により被処理基板表面を窒化する工程とを特徴とする請求項1記載の基板処理装置により、または請求項2に記載したように、前記プラズマを励起する工程は、23～25eVの中間励起状態エネルギーが実現されるように実行されることを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法により、または請求項3に記載したように、前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間にマイクロ波を供給する工程を含むことを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法により、または請求項4に記載したように、前記マイクロ波を供給する工程は、ラジアルラインスロットアンテナを駆動することにより実行されることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載の基板処理方法により、または請求項5に記載したように、前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間に誘導磁界を形成する工程を含むことを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法により、または請求項6に記載したように、前記誘導磁界を形成する工程は、前記処理容器周囲に巻回された誘導コイルを高周波電力により駆動する工程を含むことを特徴とする請求項5記載の基板処理装置により、または請求項7に記載したように、前記プラズマを励起する工程では、前記制御電極は接地されることを特徴とする請求項1～6のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、または請求項8に記載したように、前記プラズマを形成する工程では、前記制御電極に負電位が印加されることを特徴とする請求項1～6のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、または請求項9に記載したように、前記処理容器中に供給されるガスは、さらにO₂を含むことを特徴とする請求項1～8のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、または請求項10に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容

器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記被処理基板に対面して設けられたマイクロ窓と、前記保持台上の被処理基板と前記プラズマガス供給部との間に、前記被処理基板に対面するように設けられ、前記マイクロ波窓を含むプラズマ励起空間と前記被処理基板を含むプロセス空間とを隔てる制御電極とよりなり、前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装置により、または請求項11に記載したように、前記制御電極は格子形状を有し、接地されていることを特徴とする請求項10記載の基板処理装置により、または請求項12に記載したように、前記制御電極は格子形状を有し、前記基板処理装置は前記制御電極に接続された負電圧源を含むことを特徴とする請求項10記載の基板処理装置により、または請求項13に記載したように、前記プラズマ励起空間において、前記処理容器の内壁は絶縁層により覆われていることを特徴とする請求項10～12のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、または請求項14に記載したように、さらに前記処理容器の外側に、前記マイクロ波窓に結合したマイクロ波アンテナを有することを特徴とする請求項10～13のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、または請求項15に記載したように、石英ガラス壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、前記保持台上の被処理基板に対面するように設けられ、前記処理容器内部を、前記被処理基板を含むプロセス空間とプラズマ励起空間とに分割する制御電極と、前記石英ガラス壁外側に、前記プラズマ励起空間に対応して設けられた誘導コイルとよりなり、前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装置により、または請求項16に記載したように、前記前記石英ガラス壁はドーム上空間を画成することを特徴とする請求項15記載の基板処理装置により、または請求項17に記載したように、前記制御電極は接地されていることを特徴とする請求項15または16記載の基板処理装置により、または請求項18に記載したように、前記制御電極は負電圧源に接続されていることを特徴とする請求項15または16記載の基板処理装置により、解決する。

【0033】

【発明の実施の形態】【第1実施例】図5は、本発明の第1実施例による基板処理装置100の構成を示す。ただし図5中、先に説明した部分に対応する部分には同一

の参照符号を付し、説明を省略する。

【0034】図5を参照するに、シャワープレート14は処理容器11にシール11sを介して装着されており、また前記カバープレート15は前記シャワープレート14上にシール11tを介して装着されている。また前記ラジアルラインスロットアンテナ20は前記処理容器11上に、シール11uを介して装着されている。

【0035】さらに図5の基板処理装置100では前記放射板16とカバープレート15との間の界面が、前記処理容器11の上部の、前記放射板と係合する領域に形成された環状溝11gおよびこれに連通する排気ポート11Gを介して排気され、さらに前記界面には、その後の0.8気圧程度のHeガスが、伝熱媒体として導入されている。導入されたHeガスは、バルブ11Vを閉鎖することで前記界面に封入される。

【0036】図5の基板処理装置100では、図3の基板処理装置10Aで使われていた下部シャワープレート31が撤去され、代わりに図6に示す格子状の導電性部材よりなる制御電極131が、前記プラズマ励起空間11Bとプロセス空間11Cとを隔てるように形成される。

【0037】図6を参照するに、前記格子状制御電極131にはプラズマ励起空間11Bにおいて励起されたラジカルが自由に通過できるサイズの開口部132が多数形成されており、従って、前記プラズマ励起空間11Bにおいて励起されたプラズマは、前記制御電極131を通過してプロセス空間11Cへと自由に拡散する。

【0038】図5の構成では前記格子状制御電極131は接地されており、その結果、前記ラジアルラインスロットアンテナ20から前記プラズマ励起空間11Bに導入されたマイクロ波は、前記プラズマ励起空間11Bにプラズマが形成されていない状態においても前記格子状制御電極131により反射され、プロセス空間11C中に侵入することはない。従って、被処理基板12がマイクロ波により損傷する問題は、図5の基板処理装置100では生じない。

【0039】前記格子状制御電極131はWやTi等により形成することができるが、表面に導電性窒化物、例えばWNやTiNの層131aを形成しておくことにより、プラズマ照射に対する耐性を向上させることが可能である。またかかる格子状制御電極131を石英ガラスにより形成し、表面に導電性窒化物層131aを形成してもよい。さらに、基板処理装置100では、プラズマ励起空間11Bにおいて処理容器11の側壁面を石英ライナ11Dにより覆っている。

【0040】図5の基板処理装置100では、前記処理ガス導入ポート11pにHeガスとN₂ガスとが導入され、前記ラジアルラインスロットアンテナには、約28GHzのマイクロ波が供給される。典型的には処理容器11内のプロセス圧を6.5～266Pa(0.5～

2 Torr) の範囲に設定し、200～500℃の温度範囲において被処理基板12の窒化処理あるいは酸窒化処理が実行される。

【0041】図7は、図5の基板処理装置100において、プラズマガスとしてHeを使った場合の、励起されるプラズマの状態密度を示す。

【0042】図7を参照するに、衝突断面積の小さいHeをプラズマガスとして使うことにより、励起されたHeラジカルHe*はマイクロ波電界により大きく加速される。その結果、プラズマエネルギーが大きく増大し、原子状窒素N*を励起するに十分なエネルギーが得られることがわかる。一方、Krをプラズマガスとして使った場合に効率良く励起されていた窒化水素ラジカルNH*や窒素イオンN²⁺の励起効率は大きく低減することがわかる。

【0043】そこで、本発明では基板処理装置100において、プラズマガスとしてHeを使うことにより、23～25 eVの高いプラズマエネルギーにおいて原子状窒素N*の効率的な励起を実現する。一方、プラズマ中の電子温度が高くなりすぎるのを抑制するため、本発明では先に提案されているマイクロ波よりも高い、約28 GHzあるいはそれ以上の周波数のマイクロ波発生源22を使い、マイクロ波発生源22により発生されたマイクロ波によりラジアルラインスロットアンテナ20を駆動する。マイクロ波発生源の周波数としては、約2.4 GHz、8.3 GHzなどの周波数を選択してもよい。さらにプラズマ励起空間11Bとプロセス空間11Cとを制御電極131により分離することにより、プロセス空間における電子温度およびプラズマエネルギーを、基板処理に適当なレベルまで低減させる。

【0044】特に、前記制御電極131の表面に先に説明したようにAl₂O₃不動態膜は導電性窒化物を形成しておくことにより、制御電極は高エネルギープラズマに対して効果的に保護される。また、プラズマ励起領域11Bにおいて処理容器11の内壁を石英ライナ11Dにより覆うことにより、高エネルギープラズマによる処理容器11内壁のスパッタリングおよびこれに伴う基板の汚染の問題が回避される。

【0045】図8は本実施例の一変形例による基板処理装置100Aの構成を示す。

【0046】図8を参照するに、基板処理装置100Aでは制御電極31は絶縁膜31Aにより処理容器11から絶縁されており、負電圧源31Bが接続されている。

【0047】図8の構成によれば、前記制御電極31の電位を適当な負電位に制御することにより、前記プラズマ励起空間11Bにおいて励起された正電荷を有する窒素イオンN²⁺を補足することが可能になり、窒素イオンN²⁺がプロセス空間11Cに侵入するのが回避される。

【0048】本実施例の基板処理装置100あるいは100Aにおいて、前記プラズマガス供給ポート11pに

HeガスとN₂ガスとO₂ガスとを供給することにより、前記被処理基板12の酸窒化処理を行うことも可能である。

【第2実施例】図9は、本発明の第2実施例による基板処理装置200の構成を示す。ただし図9中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0049】図9を参照するに、本実施例ではシャワープレート14が撤去され、その代わりに、前記処理容器11に、被処理基板12に対して略対称的に、複数の処理ガス導入口11pが形成されている。その結果、本実施例では前記プラズマ励起空間11Bの上部において、誘電体窓を構成するカバープレート15が露出する。また、先の実施例と同様に、前記プラズマ励起空間11Bにおいては処理容器側壁が石英ライナ11Dにより覆われている。

【0050】本実施例によれば、基板処理装置11の構成が簡略化され、安価な費用で効率良く、前記プラズマガス供給ポート11pにHeガスとN₂ガスとを供給し、前記ラジアルラインスロットアンテナ20に約28 GHzのマイクロ波を供給することにより、原子状窒素N*を使った被処理基板12の窒化処理を行うことが可能である。また、前記プラズマガス供給ポート11pにHeガスとN₂ガスとO₂ガスとを供給することにより、被処理基板12の酸窒化処理を行うことが可能である。

【第3実施例】図10は、本発明の第3実施例による基板処理装置300の構成を示す。ただし図10中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0051】図10を参照するに、基板処理装置300は先に図1で説明した基板処理装置1と類似した構成を有するが、石英処理容器2中に先の制御電極31と同様な制御電極6が設けられ、制御電極6により、前記処理容器2内の空間が、高密度プラズマ2Dが励起されるプラズマ励起空間2B1と被処理基板4を含むプロセス空間2B2とに分離される。

【0052】本実施例では、前記プラズマ励起空間2B1に前記処理ガス供給ライン2CよりHeガスとN₂ガスが導入され、前記プラズマ励起空間2B1において原子状窒素N*を励起する高い電子温度およびプラズマエネルギーを有する高密度プラズマ2Dが形成される。

【0053】このようにして形成された原子状窒素N*は前記制御電極6を通過してプロセス空間2Cに拡散し、被処理基板4の表面を窒化する。かかる構成においてもプラズマの電子温度およびエネルギーは前記プラズマ励起空間2B1においては非常に高くても、前記プロセス空間2B2においては被処理基板4を処理するのに適当なレベルまで低下する。

【0054】本実施例においても、前記制御電極6の電位を電圧源6Aにより制御することにより、前記プラズ

マ励起空間 2B₁において生じた N₂⁺などの低エネルギーの正イオンを捕獲し、プロセス空間 2B₂から排除することが可能になる。また、前記制御電極 6 の電位を制御することにより、前記プラズマ励起空間 2B₁における高密度プラズマ 2D の状態を制御することが可能になる。

【0055】本実施例の基板処理装置 200 において、前記処理ガス供給ライン 2C から He ガスと N₂ ガスと O₂ ガスを導入することにより、前記プロセス空間 2B₂において基板 4 の酸化処理を行うことも可能である。

【0056】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0057】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマ励起ガスとして He を使うことにより、基板処理装置中に原子状窒素 N* を励起するに十分な高いエネルギーを有するプラズマを形成することが可能で、このようにして励起された原子状窒素 N* を使うことにより、被処理基板を効率的に窒化処理することが可能になる。その際、高密度プラズマが形成されるプラズマ励起空間を被処理基板が含まれるプロセス空間から、制御電極により分離することにより、プロセス空間におけるプラズマエネルギーを基板処理に適切なレベルまで低下させることが可能になり、またプラズマ励起空間で形成された正イオンをトラップすることが可能になる。本発明をマイクロ波励起プラズマを使った基板処理装置に適用する場合には、プラズマ励起を約 2.8 GHz あるいはそれ以上の周波数のマイクロ波により行うことにより、プラズマエネルギーが過大になるのを回避できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の誘導結合型プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図 2】先に提案されたマイクロ波基板処理装置の構成を示す図である。

【図 3】先に提案された別のマイクロ波基板処理装置の構成を示す図である。

【図 4】図 2 あるいは図 3 のマイクロ波基板処理装置のプラズマ励起特性を説明する図である。

【図 5】本発明の第 1 実施例によるマイクロ波基板処理装置の構成を示す図である。

【図 6】図 5 のマイクロ波基板処理装置の一部を示す図である。

【図 7】図 5 のマイクロ波基板処理装置のプラズマ励起特性を示す図である。

【図 8】図 5 のマイクロ波基板処理装置の一変形例を示す図である。

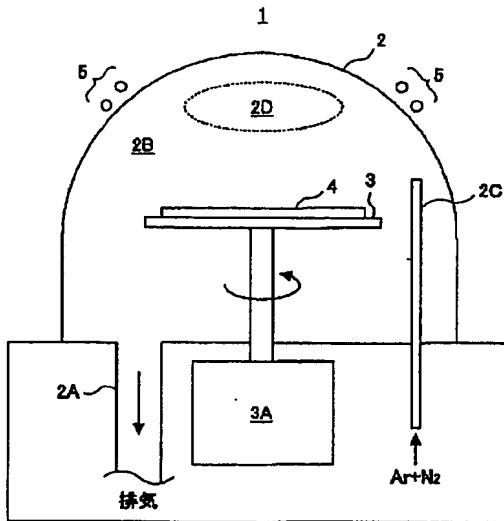
【図 9】本発明の第 2 実施例によるマイクロ波基板処理装置の構成を示す図である。

【図 10】本発明の第 3 実施例による誘導結合型プラズマ処理装置の構成を示す図である。

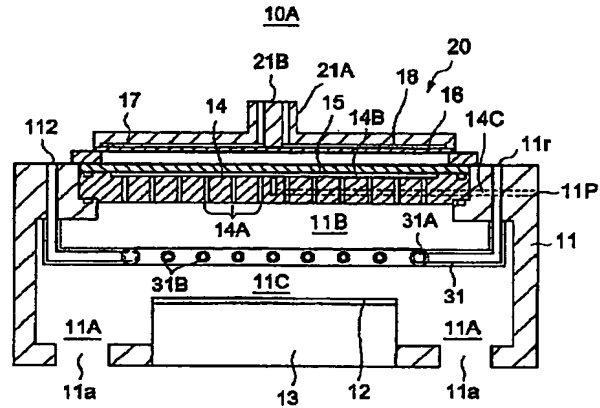
【符号の説明】

- 1、300 誘導結合型基板処理装置
- 2 石英処理容器
- 2A 排気系
- 2B プロセス空間
- 2C 処理ガス導入ポート
- 2D 高密度プラズマ
- 3 基板保持台
- 3A 回転機構
- 4 被処理基板
- 5 誘導コイル
- 10, 100, 100A, 200 マイクロ波プラズマ基板処理装置
- 11 処理容器
- 11A 空間
- 11B プラズマ励起空間
- 11a 排気ポート
- 11p ガス導入ポート
- 12 被処理基板
- 13 基板保持台
- 14, 31 シャワープレート
- 14A 開口部
- 14C ガス通路
- 15 カバープレート
- 16 放射板
- 17 アンテナ本体
- 18 遅相板
- 19 冷却ブロック
- 19A 冷却水通路
- 20 ラジアルラインスロットアンテナ
- 21, 21A, 21B 同軸導波管
- 31A 処理ガス通路
- 31B ノズル開口部
- 131 制御電極
- 131a 導電性窒化物膜

【図1】

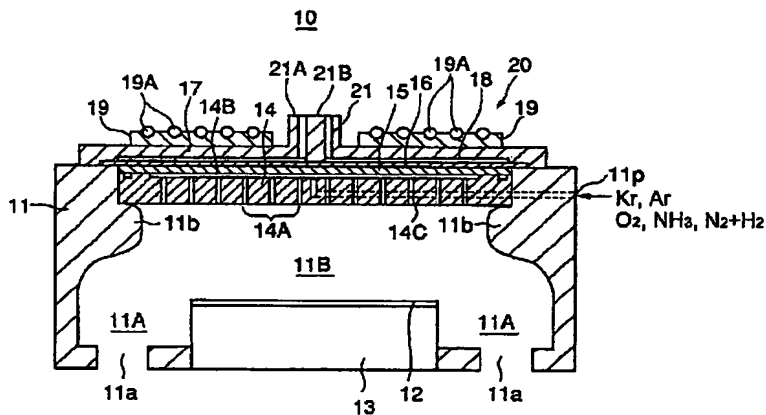


【図3】

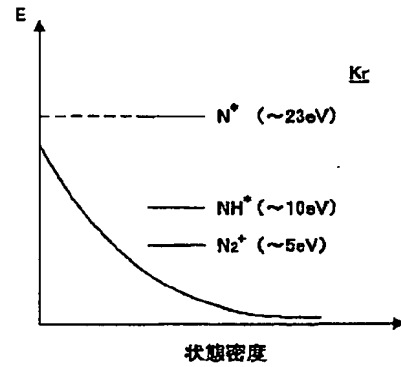
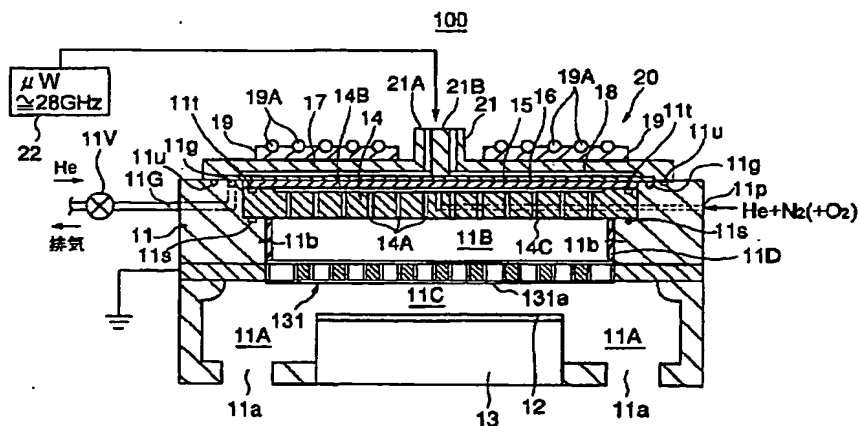


【図4】

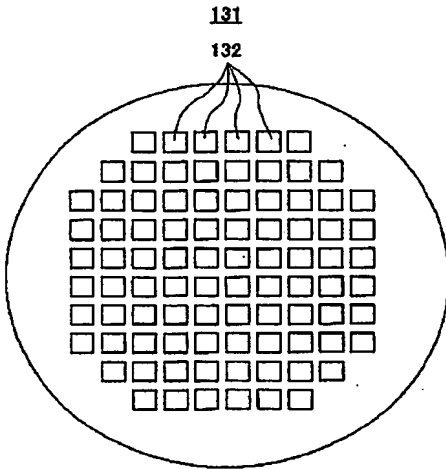
【図2】



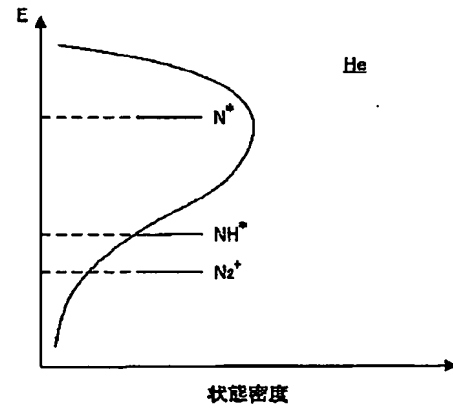
【図5】



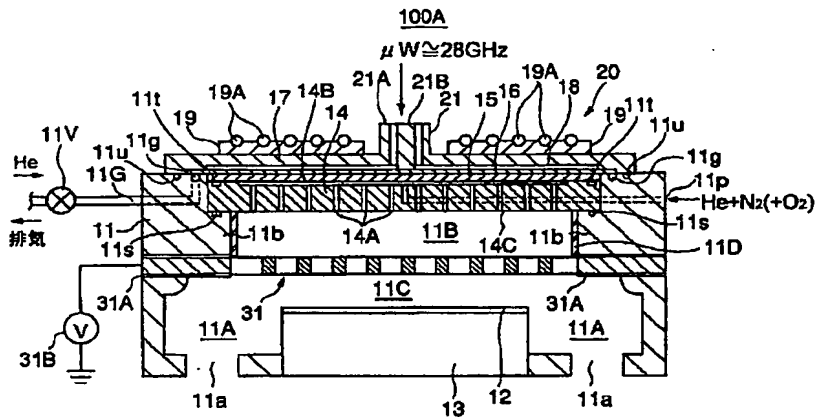
【図6】



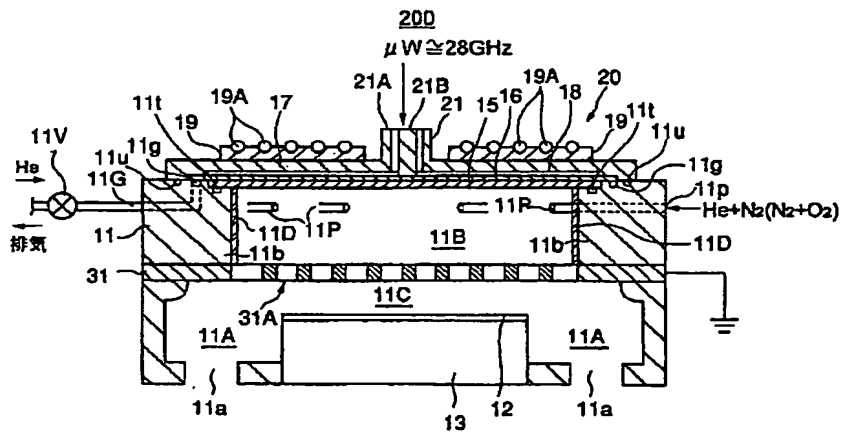
【図7】



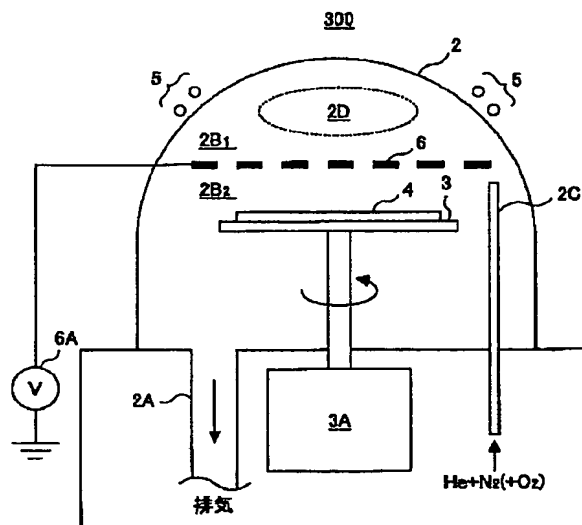
【図8】



【図9】



【図 10】



フロントページの続き

(72) 発明者 須川 成利
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大
学大学院工学研究科電子工学専攻内
(72) 発明者 平山 昌樹
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大
学大学院工学研究科電子工学専攻内

Fターム(参考) 4K028 BA02 BA05 BA21 BA22
4K030 AA14 AA16 AA18 DA02 DA08
FA01 HA06 KA08 KA17 KA19
KA30 KA34 KA46 KA47
5F045 AA20 AB40 AC11 AC15 AC17
BB09 BB14 BB16 DP03 EH02
EH03 EH04 EH05 EH08 EH11